

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию Мущанова Александра Владимировича на тему: «Действительная работа и формообразование стержневых структурных покрытий на нетиповом плане», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

### **Актуальность избранной темы**

Использование структурных покрытий в качестве большепролетных конструкций практически во всех направлениях современного строительства, несомненно, подтверждает актуальность и значимость выбранной автором тематики исследования. Тем более следует отметить, что инструментом для снижения металлоемкости покрытия автор выбрал не только варьирование расчетных нагрузок и геометрических параметров, но и уточнение несущей способности центрально-сжатых стержней из условия устойчивости. Такое решение позволило автору внедрить полученные результаты численных исследований (в части оценки несущей способности из условия устойчивости) в алгоритм оптимизации по критерию минимальной металлоемкости покрытия, реализовав, тем самым комплексный подход к решению актуальной научно-технической задачи.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Широкая апробация основных результатов исследований на научных и научно-практических конференциях и семинарах, в опубликованных работах, успешное внедрение в образовательную и практическую деятельность позволяет сделать вывод об обоснованности полученных автором результатов, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе.

Представленная на рецензирование диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов, списка использованной литературы (149 наименований) и приложений. Общий объем работы составляет 185 страниц, в том числе 128 страниц основного текста, 33 полных страниц с рисунками и таблицами, 14 страниц списка использованной литературы, 57 страниц приложений.

Во **введении** обоснована актуальность темы исследований, сформулированы цели и задачи, научная новизна, практическая ценность результатов работы и ее связь с государственными программами, представлены объект и предмет исследования.

**В первом разделе** автором анализируется состояние вопроса с позиций критического анализа аналитических и численных методов исследования



НДС структурных конструкций, процесса потери устойчивости центрально-сжатых стержней, отражение этих вопросов в редакциях современных норм проектирования. Также, проанализированы управляющие и варьируемые параметры, рассматриваемые при оптимизации структурных конструкций.

**Во втором разделе** представлено обоснование возможности дальнейшего использования выбранных автором общепринятых методик, применяемых при проведении численных и экспериментальных исследований явлений потери устойчивости центрально-сжатых стержней, общей оценки НДС структурных конструкций, методов оптимального проектирования в приложении к структурным покрытиям.

**В третьем разделе** представлены результаты численных исследований потери устойчивости центрально-сжатых стержней в упругой и упруго-пластической стадиях работы материала, выполненных в конечно-элементной постановке. По результатам исследований построена модель для регрессионного анализа, на основе которой уточнена несущая способность центрально-сжатых стержней структурных конструкций с шаровыми узловыми вставками-коннекторами в сравнении с результатами, полученными на основе использования традиционных для структурных покрытий шарнирно-стержневых моделей.

**В четвертом разделе** представлены план, методика и результаты экспериментальных исследований влияния узловых соединений структурных конструкций на устойчивость центрально-сжатых стержней. Созданы физические модели ячейки структурного покрытия и одиночного стержня без узловых соединений в масштабе 1:1, на основе результатов испытания которых проведена верификация результатов численных исследований. По данным проведенного экспериментального исследования для центрально-сжатого стержня с теоретическим значением  $\lambda=120$  подтверждено существенное увеличение несущей способности из условия устойчивости, обусловленное частичным защемлением стержня в узловых вставках-коннекторах.

**В пятом разделе** представлены результаты поиска оптимального конструктивной формы структурного покрытия на прямоугольном плане с соотношением сторон  $a/b = 1.6...2.8$ . Для этой цели разработан алгоритм оптимального проектирования структурных покрытий на нетиповых прямоугольных планах, отличающийся от ранее разработанных возможностью уточненной оценки несущей способности центрально-сжатых стержней из условия устойчивости, учетом возможного изменения общей геометрии конструкции покрытия и податливости опорных конструкций.



Все разделы завершаются выводами, отображающими основные результаты его содержания.

В общих **выводах** по работе изложены наиболее существенные результаты проведенного исследования.

В качестве общей оценки диссертационной работы следует отметить четкую логическую последовательность излагаемого материала, его хорошую систематизацию и структурирование.

Рассматриваемая диссертационная работа является законченным научным трудом. Автореферат диссертации в полной мере отражает ее основное содержание.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность полученных результатов исследований подтверждается корректным использованием принципов моделирования, заложенных в численных и экспериментальных исследованиях и удовлетворительным сравнением их результатов.

На мой взгляд, главной особенностью рецензируемой работы, которая составляет основу сформулированных автором положений научной новизны, является его успешная попытка использовать сортамент элементов, используемых при проектировании типовых структурных покрытий, для большепролетных систем на прямоугольном плане с нестандартным соотношением сторон за счет уточнения несущей способности их центрально-сжатых элементов и оптимального формообразования.

К числу наиболее существенных результатов диссертации, полученных на основе реализации такого подхода, следует отнести:

- зависимости, позволяющие уточнить несущую способность центрально-сжатых элементов структурного покрытия из условия устойчивости с учетом конструктивного оформления их узлового соединения. ;
- результаты экспериментальных исследований модели структурного покрытия, подтверждающие основные результаты, полученные в ходе численных исследований.
- алгоритм оптимального проектирования структурных покрытий, отличающийся от ранее разработанных возможностями учета влияния частичного заземления стержней в узловых соединениях, перехода от плоской формы покрытия к криволинейной, учета податливости опорных конструкций.



## **Замечания**

1. Проведенный автором критический анализ в вопросах устойчивости, бесспорно, позволил аргументировать конечные цель и задачи исследования. Вместе с тем, для подтверждения выбранной расчетной модели, используемой в дальнейшем при анализе потери устойчивости (а именно, в части учета в расчетных моделях величины начального отклонения), автору следовало бы более подробно исследовать опыт, заложенный в европейских нормах проектирования (Еврокод 3).

2. Вследствие, того, что массив данных, закладываемый при создании регрессионной модели, не слишком представительен, неизбежно возникает вопрос о возможной погрешности конечных зависимостей для оценки несущей способности стержней из условия устойчивости.

3. Численные исследования уточнения несущей способности центрально-сжатых стержней из условия устойчивости выполнены автором в конечно-элементной постановке с использованием универсального программного комплекса ЛИРА-САПР 2019 R1 в физически и геометрически нелинейной постановке задачи для всего диапазона рассматриваемых гибкостей  $\lambda=50\dots 140$ . При этом почему-то отсутствует какое-либо обоснование необходимости такого одновременного учета нелинейных эффектов для всего диапазона, так и их вклад в полученных конечных результатах.

4. Решая задачу оптимального формообразования структурной конструкции на нетиповом прямоугольном плане, автором предложен подход, при котором для снижения усилий в поясах структуры ей придается выгиб, преобразующий исходную плоскую форму в стержневую двухпоясную оболочку положительной гауссовой кривизны. Несомненным недостатком такой системы будут различия в длинах стержней, ее составляющих, что неизбежно скажется на повышении трудоемкости изготовления. Весьма логичным было бы в этом случае формирование покрытия со ступенчато переменной высотой, что с одной стороны, позволило бы обеспечить требуемый выгиб покрытия, а с другой – минимально необходимое количество типоразмеров стержней.

## **Общие выводы**

На основании приведенного выше можно сделать заключение о том, что в рассматриваемой диссертации успешно решена важная научно-техническая задача обоснования новых подходов к проектированию оптимальных конструктивных форм структурных покрытий на нетиповых прямоугольных планах с учетом значимых параметров проектирования и



уточненной несущей способностью центрально-сжатых стержней, обеспечивающих, в конечном итоге, возможность использования типовых конструктивных элементов. Указанные замечания не оказывают существенного влияния на конечные результаты и выводы, представленные в работе. По своей актуальности, научной и практической значимости полученных результатов работа отвечает требованиям п.2.2 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Совета министров ДНР № 2-13 от 27.02.2015 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Мущанов Александр Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения.

Настоящим я, Гаранжа Игорь Михайлович, даю согласие на обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.

Официальный оппонент  
Кандидат технических наук, доцент,  
доцент департамента строительства  
Инженерной академии  
ФГАОУ ВО «Российский университет  
дружбы народов» (РУДН)  
Гаранжа Игорь Михайлович  
117198, РФ, г. Москва,  
ул. Миклухо-Маклая, д. 6  
Тел./факс: +7(926) 284-55-17  
E-mail: garanzha-i@rudn.ru

И. М. Гаранжа

Подпись кандидата технических наук,  
доцента,  
доцента департамента строительства  
Гаранжи Игоря Михайловича заверяю

Кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник,  
И.о. первого заместителя – заместителя  
директора по научной работе Инженерной  
академии ФГАОУ ВО «Российский  
университет дружбы народов» (РУДН)



О. Е. Самусенко